



cooling water, accommodated in the housing 22, cooling blocks 34 where to the semiconductor chips 26 are directly soldered, and flexible bellows 21 hermetically linking the housing 22 and cooling blocks 34. A cooling block 34 includes a metal block 16 incorporating numerous pores for the cooling water to flow through. On the side of the metal block 16b facing a semiconductor chip 26, a dielectric, heat-conducting SiC ceramic structure 18 is installed, with the intermediary of a composite material 17 of carbon fiber and copper or of carbon fiber and aluminum. This design improves the heat exchanging efficiency between a cooling block heat exchanger and cooling water. A highly reliable direct junction is realized because of the stress moderator capable of excellent heat conduction inserted between the dielectric SiC ceramic structure and the metal-made heat exchanger.

COPYRIGHT: (C)1987,JPO&Japio

## ⑫ 公開特許公報(A)

昭62-29151

⑤ Int. Cl.<sup>4</sup>

H 01 L 23/46

識別記号

庁内整理番号

Z-6835-5F

③ 公開 昭和62年(1987)2月7日

審査請求 未請求 発明の数 1 (全5頁)

④ 発明の名称 半導体装置の冷却モジュール

① 特 願 昭60-167584

② 出 願 昭60(1985)7月31日

⑦ 発 明 者	梶 原	良 一	日立市久慈町4026番地	株式会社日立製作所日立研究所内
⑦ 発 明 者	舟 本	孝 雄	日立市久慈町4026番地	株式会社日立製作所日立研究所内
⑦ 発 明 者	加 藤	光 雄	日立市久慈町4026番地	株式会社日立製作所日立研究所内
⑦ 発 明 者	志 田	朝 彦	日立市久慈町4026番地	株式会社日立製作所日立研究所内
⑦ 発 明 者	松 坂	矯	日立市久慈町4026番地	株式会社日立製作所日立研究所内
⑦ 発 明 者	岡 村	久 宣	日立市久慈町4026番地	株式会社日立製作所日立研究所内
⑦ 発 明 者	和 知	弘	日立市久慈町4026番地	株式会社日立製作所日立研究所内
⑦ 発 明 者	高 橋	和 弥	日立市久慈町4026番地	株式会社日立製作所日立研究所内
① 出 願 人	株式会社日立製作所			東京都千代田区神田駿河台4丁目6番地
④ 代 理 人	弁理士 小川 勝男			外2名

## 明 細 書

発明の名称 半導体装置の冷却モジュール

## 特許請求の範囲

1. 多層配線基板上に搭載された複数の半導体チップを個別に水冷できる構造で、冷却水を供給及び排出できるダクトを形成したハウジングと、半導体チップに直接はんだ付する冷却ブロックと、ハウジングと冷却ブロックをフレキシブルかつ気密に結合するベローズから成る冷却モジュールにおいて、冷却ブロックとして金属製のブロック内部に水冷通路用の微細な穴を多数設け、その半導体チップと対向する面に電気絶縁性で熱伝導の良いSiCセラミックスを炭素繊維と銅あるいはアルミニウムから成る複合材料を介して接合した構造としたことを特徴とする半導体装置の冷却モジュール。

2. 特許請求の範囲第1項において、内部に微細な水冷用通路の穴を多数設けた銅あるいはアルミニウム製のブロックを、溝加工を施した多数の薄片を積層接合してつくことを特徴とする半導体

## 装置の冷却モジュール。

## 発明の詳細な説明

## 〔発明の利用分野〕

本発明は、半導体装置の冷却モジュールに係り、特に基板上に多数配置された半導体チップを個別に水冷するために好適な冷却モジュールに関する。

## 〔発明の背景〕

従来において、半導体技術の発達に伴い1個のチップ素子から発生される熱量は増加を続け、強制空冷型的手段等では半導体チップを十分に冷却することができず、事実上はほぼ冷却性能の限界に達している。このため、特に高速データ処理装置等の半導体装置に関しては、例えば特許公報56-31743に開示されているような水を用いる冷却モジュールが考案されている。この種の水冷方式の構造では、半導体チップから効率よく熱を奪って冷却するために、冷却水と半導体チップの間の中間熱伝達体を熱伝導性の良い材料で構成することが必要である。また、半導体の電氣的性質上、

冷却モジュールと半導体チップの間を電氣的に絶縁する必要もある。この両者の条件を満たす材料として、ベリリアを助剤として焼結したSiCセラミックスが最も適している。このSiCセラミックスは熱伝導性がAl並に高く、電気絶縁性も $10^{12} \Omega \cdot \text{cm}$ 以上と高い性質をもっている。しかし、SiCセラミックスは加工が難しいため、水との熱交換効率を高めるような構造にすることが困難で、できて高価なものとなる。そこで、水と熱交換を行うところを加工が容易な熱伝導性の良い金属材料例えばCuやAl等で作くり、そのチップ側にSiCセラミックスを金属的に接合する構造にすればよい。この構造での技術的難しさは、水との熱交換効率を高める構造体をつくること、及び上記金属の熱交換体とSiCセラミックスを金属的に接合することである。従来において、CuやAl等のブロックに直径 $100 \mu\text{m}$ 以下の貫通孔を多数設けることは非常に難しく、機械加工で可能な穴明けは最小径が $200 \mu\text{m}$ 程度であつた。しかし、熱交換効率を上げるには水と金属との接触表面

面積を増すことが必要で、微細な穴を断面全面に渡つてできるだけ多く明けねばならない。一方、CuやAlのブロックとSiCセラミックスを直接接合する従来技術としては、第3図に示すように、SiCセラミックス37にメタライズ36を施した後ではんだ35により接合するか、あるいは第4図に示すように、CuやAlの金属34とSiCセラミックス37の間に熱応力を緩和するパツファ材39を挿入しそれぞれをろう材38、40で接合する方法しかない。しかし、前者の接合構造では熱サイクルが加わつた場合にはんだが疲労破壊して熱伝導率が低下するという問題がある。後者の接合構造では接合時の加熱温度 $600^\circ\text{C}$ 以上の高温から冷却してもセラミックスを破壊しないパツファ材として従来ではボラスな素材を用いているが、熱伝導率が小さいという問題がある。

#### 〔発明の目的〕

本発明の目的は、半導体チップの熱を内部に冷却水が流れる冷却ブロックによつて除去する方法において、水と中間熱伝達体との熱交換効率を高

めた構造と、電気絶縁体であるSiCセラミックスと金属製の中間熱伝達体との継手部に発生する熱応力を緩和し熱伝導率を高めた接合構造を実現し、冷却効率並びに長年に渡る信頼性に優れた半導体装置の冷却モジュールを提供することにある。

#### 〔発明の概要〕

本発の特徴は、第1に金属製の熱交換体とSiCセラミックスを接合する場合に、両者の間に炭素繊維とCuあるいはAlなどの金属から成る複合材料の板を挿入して、Cu合金あるいはAl合金などのろう材をインサート材として直接加熱加圧接合した点にある。この接合構造では、SiCセラミックスと熱交換体の間に熱伝導率の高いCuやAlをマトリックスとする緻密な複合材を用いているため、両者間の熱伝導率が高く冷極効率が向上する。また、熱膨張率の低い炭素繊維を混合した複合材であるため熱膨張率をタングステンの $4.5 \times 10^{-6}/^\circ\text{C}$ 以下にでき剛性も低いため、高温で接合してもSiCセラミックスを熱応力で破壊することがなく、また熱サイクルに対する疲労

寿命が伸びて半導体装置の信頼性が増す。

本発明の第2の特徴は、熱交換体を、微細な溝を多数設けた金属の薄板を多数積層接合することにより組立てた点にある。この方法により、直径が $200 \mu\text{m}$ 以下の微細な穴を金属のブロック内に多数形成することが可能となり、水との接触表面積を大きくできるため熱交換効率すなわち冷却効率を向上することができる。

#### 〔発明の実施例〕

以下本発明の実施例を図面を用いて説明する。

第1図は、本発明による冷却ブロックを用いた冷却モジュールの基本構成を示す。図の(A)は全体構成で、(B)は冷却ブロック中央のA-A'断面構造を示す。また(C)は熱交換体を組立てる方法を示す。まず図の(C)において、熱交換体1は、幅及び深さが $100 \mu\text{m}$ の溝を片面あるいは両面にフォトリソグラフィにより加工した金属製の板13、14をその接合面に板材より低融点で板材とめれ性がよくしかも脆い金属間化合物をつくらぬ合金を数 $\mu\text{m}$ の厚さに膜形成した後、

必要枚数積層し、真空炉中で加圧と加熱を行い、合金層15を溶融して接合し組立てている。次に図の(B)においては、片面にメタライズ膜6を形成したSiCセラミックス2と内部に微細な冷却水路を形成した熱交換体1の間に、炭素繊維とCuやAl等の熱伝導性のよい金属とを混合して熱膨張率を下げた複合材の板3を挿入し、Cu-MnやAl-Si系等の低融点のろう材4, 5を用いて、熱交換体1と複合材の板3とSiCセラミックス2を一体物に接合して組立てている。次に図の(A)においては、冷却水の流入流出口を設けた冷却ブロック7を、2個のベローズ8を介して、給水及び排水ダクト10, 11を設けたハウジング9に気密に接合して冷却モジュールを構成している。

本実施例によれば、金属の熱交換体に微細な冷却水路を多数形成できるため、水への熱伝達率を大幅に向上でき、さらにSiCセラミックスと熱交換体を熱伝導性のよい複合材を介して金属的に接合しているため、SiCセラミックスから熱交換体

から冷却水までの熱抵抗を $0.5^{\circ}\text{C}/\text{W}$ 以下に下げられるため、LSIチップの最大発熱量が60Wであつてもチップ温度を $50^{\circ}\text{C}$ に保つことができ、半導体モジュールを正常に動作させることが可能である。このため、大集積化したLSIを用いて半導体モジュールを構成できるため、実装密度を大幅に向上できる。また、冷却ブロックはハウジングとベローズで接続しているためハウジングに対して動きが自由であり、LSIチップに引張や圧縮などの荷重をかけることがない。このため、基板とLSIチップを接続しているはんだ部の寿命が向上し、半導体装置としての信頼性向上が望める。

#### 【発明の効果】

以上詳細したように、本発明によれば、冷却ブロックの熱交換体と冷却水との熱交換効率を高めることができ、また絶縁体であるSiCセラミックスと金属製の熱交換体の間を熱伝導率の高い応力緩和材を用いて高信頼度に直接接合できるため、冷却率並びに長期に渡る信頼性に優れた半導体装

までの熱伝達率を向上でき、冷却モジュールとしての冷却効率を高めることができる。また、SiCセラミックスと熱交換体の熱膨張率の差は間に挿入した複合材が吸収して熱応力を緩和するため、冷却ブロックの破壊がなくなり、信頼性が向上する。

第2図は、本発明の半導体装置への適用例を示す。図において、多層配線基板30上には、SiのLSIチップ26がはんだ28により接続されて搭載されている。その半導体モジュール上に、本発明による冷却ブロック34、ベローズ21、水冷ダクト32, 33を設けたハウジング22から成る冷却モジュールを、低融点のはんだ24で気密接合している。また各LSIチップ26と各冷却ブロック34は、メタライズ層19, 20を介して低融点のはんだ28によつて金属的に結合されている。各冷却ブロックには給水用水冷ダクト32から液温 $20^{\circ}\text{C}$ の冷却水が定常的に供給され、LSIチップで発生した熱を効率的に奪つてLSIチップの温度上昇を防いでいる。

本実施例によれば、LSIチップの動作回路面

の冷却モジュールを提供することが可能となる。図面の簡単な説明

第1図は本発明による冷却モジュールの基本構成を示す図、第2図は本発明を半導体装置に適用した場合の装置の構造を示す図、第3図及び第4図は従来の金属とセラミックスの接合構造を示す図である。

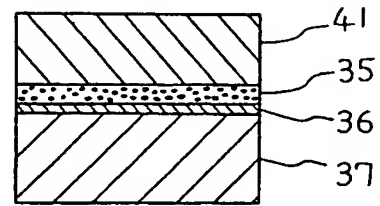
1…熱交換体、2…SiCセラミックス、3…複合材、4, 5…ろう材、6…メタライズ層、7…冷却ブロック、8…ベローズ、9…ハウジング、10…給水ダクト、11…排水ダクト、12…冷却水路、13, 14…金属製の板、15…合金層、16…熱交換体、17…複合材、18…SiCセラミックス、19, 20…ろう材、21…ベローズ、22…ハウジング、23, 25…メタライズ層、24…低融点のはんだ、26…LSIチップ、27…配線電極、28…はんだ、29…メタライズ層、30…多層配線基板、31…接続ピン、32…給水ダクト、33…排水ダクト、34…冷却ブロック、35…はんだ、36…メタライズ層、37…

SiCセラミック、38、40…ろう材、39…  
緩衝材、41…金属。

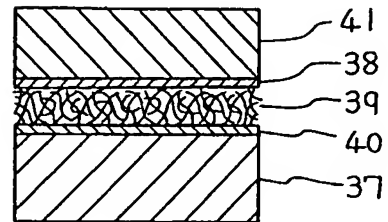
代理人 弁理士 小川勝男



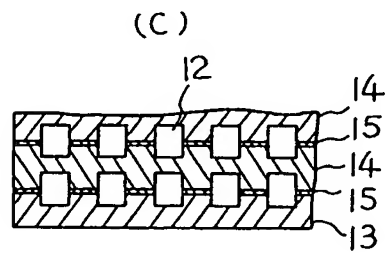
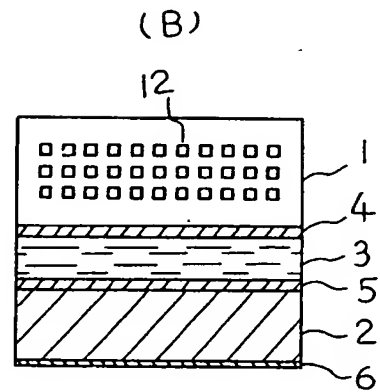
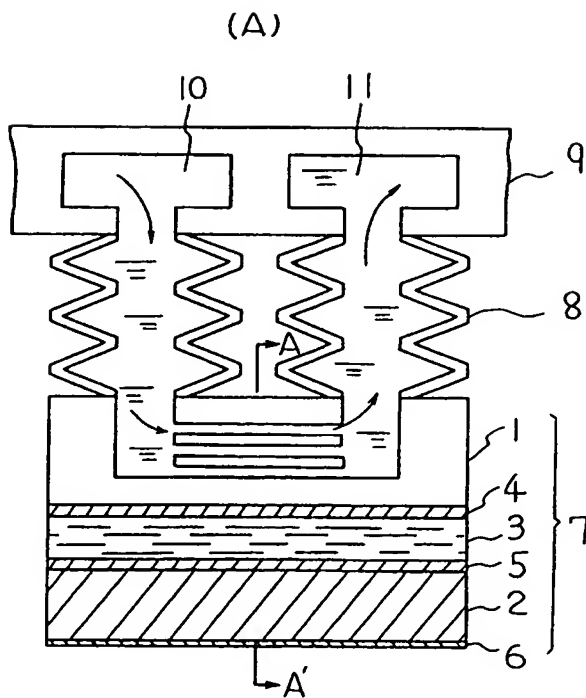
第3図



第4図



第1図



第2図

